Сейсморазведка Высокой Четкости (СВЧ) – Бескомпромиссный Подход к Регистрации и Обработке Сейсмических Данных

А.А. Табаков*, В.Л. Елисеев*, А.А. Мухин, Ю.А. Степченков**, Д.В. Огуенко***
(* ООО «ГЕОВЕРС», Москва, ** ООО «УНИС», Санкт-Петербург)

High Definition Seismic (HDS) – Uncompromising Approach to Seismic Data Acquisition and Processing

A.A. Tabakov*, V.L. Eliseev*, A.A. Mukhin, Yu.A. Stepchenkov**, D.V. Oguenko***
(* GEOVERS Ltd., Moscow, ** UNIS Ltd., Saint Petersburg,)

Введение / Introduction

Введен термин «Сейсморазведка Высокой Четкости» (СВЧ), которая отличается от традиционной интеграцией сейсморазведки на поверхности (СП) и ВСП.

Интеграция систем регистрации предполагает одновременные наблюдения на поверхности и в скважине и нерезонансный прижим наземных сейсмоприемников к грунту.

Предложено применять при обработке данных СП методы анализа волновых полей, решения обратных кинематических и динамических задач, разработанных в системах обработки данных ВСП.

В этом случае компенсируются не всегда оправданные упрощения, применяемые в СП, и появляются дополнительные возможности, разработанные в ВСП.

High Definition Seismic (HDS) is introduced to present integration of Surface Seismic (SS) and VSP.

Integration of acquisition means simultaneous registration of surface and downhole data plus nonresonance coupling of geophones to the soil.

It is proposed to apply methods of wavefield analysis, velocity and dynamic inversions developed in VSP in SS data processing.

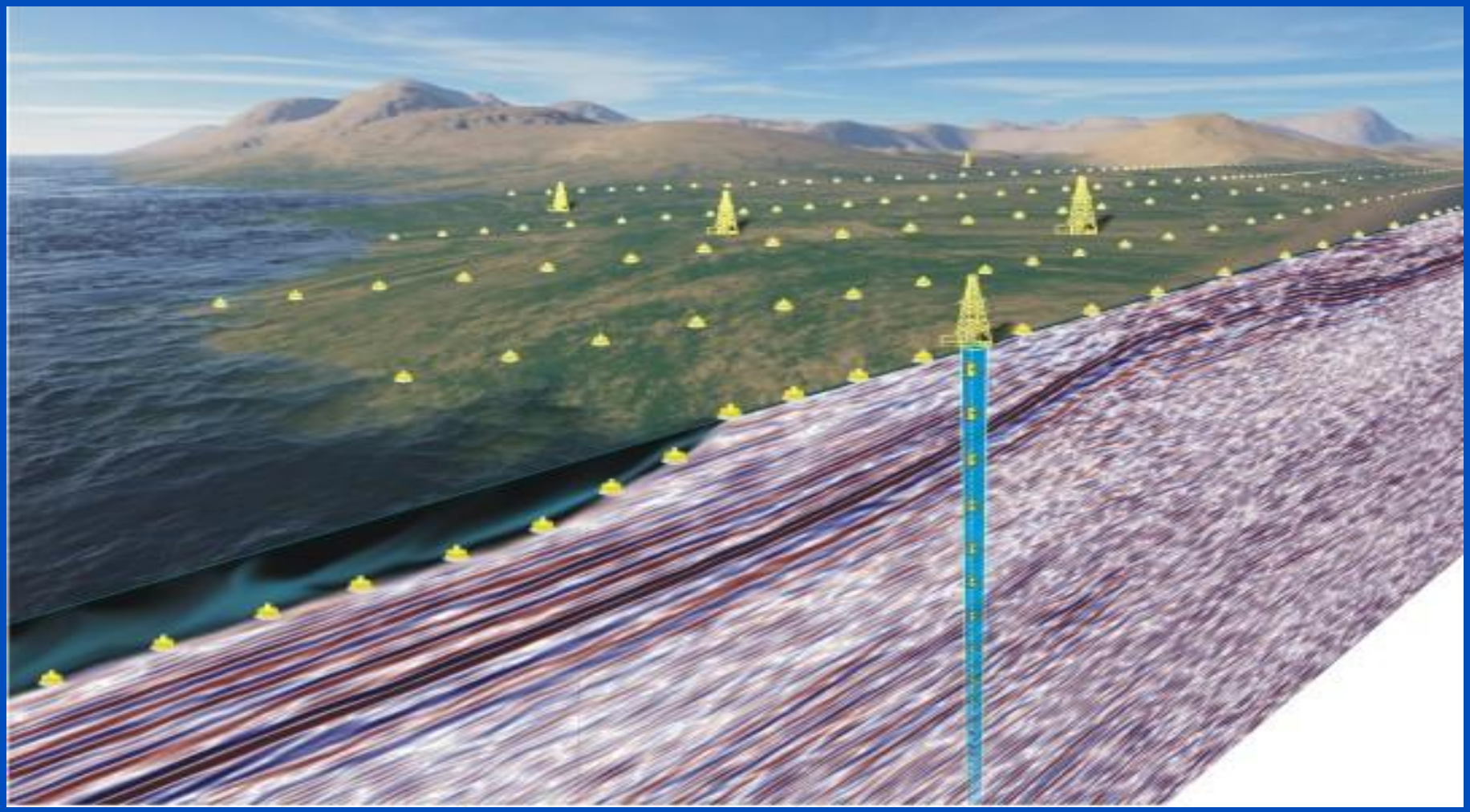
In this case some inadequate simplifications adopted in SS are coupled and some additional applications developed for VSP become available.

Трехмерная система наблюдений / 3D acquisition system

Трехмерная система наблюдений 3D+ВСП позволяет определять и использовать скоростные модели и истинную форму сигнала.

3D acquisition (3D+VSP) provides true velocity models and true signatures

Система наблюдений 3D+ВСП / 3D+VSP acquisition system



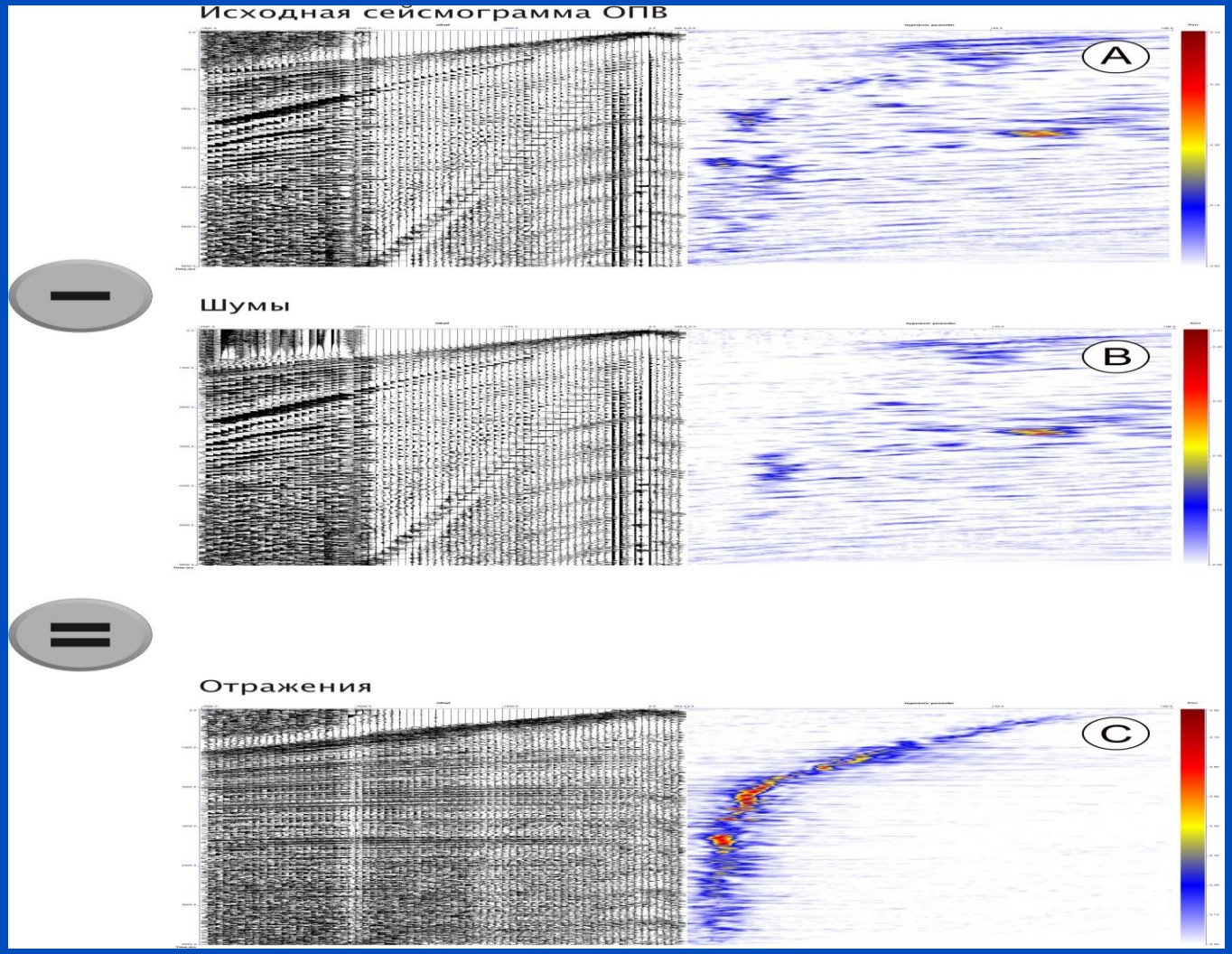
Трехмерная система наблюдений / 3D acquisition system

Анализ волновых полей / Wavefield analysis

Анализ волновых полей - это разложение полных исходных волновых полей на регулярные компоненты и нерегулярные остатки. Полезные волны – это исходное волновое поле минус все выделенные регулярные помехи.

Wavefield analysis is decomposition of original seismogram into the ensemble of regular events and irregular component. Useful wavefield is difference between full and all regular noises.

Селекция волновых полей / Wavefield selection



Селекция волновых полей / Wavefield selection

Конструктивный Контроль Качества / Cunstructive Quality Control

Полный анализ волновых полей позволяет выполнить конструктивный анализ качества.

При этом доступны не только количественные оценки отношения сигнал/шум, но и анализ состава шума в зависимости от различных аргументов.

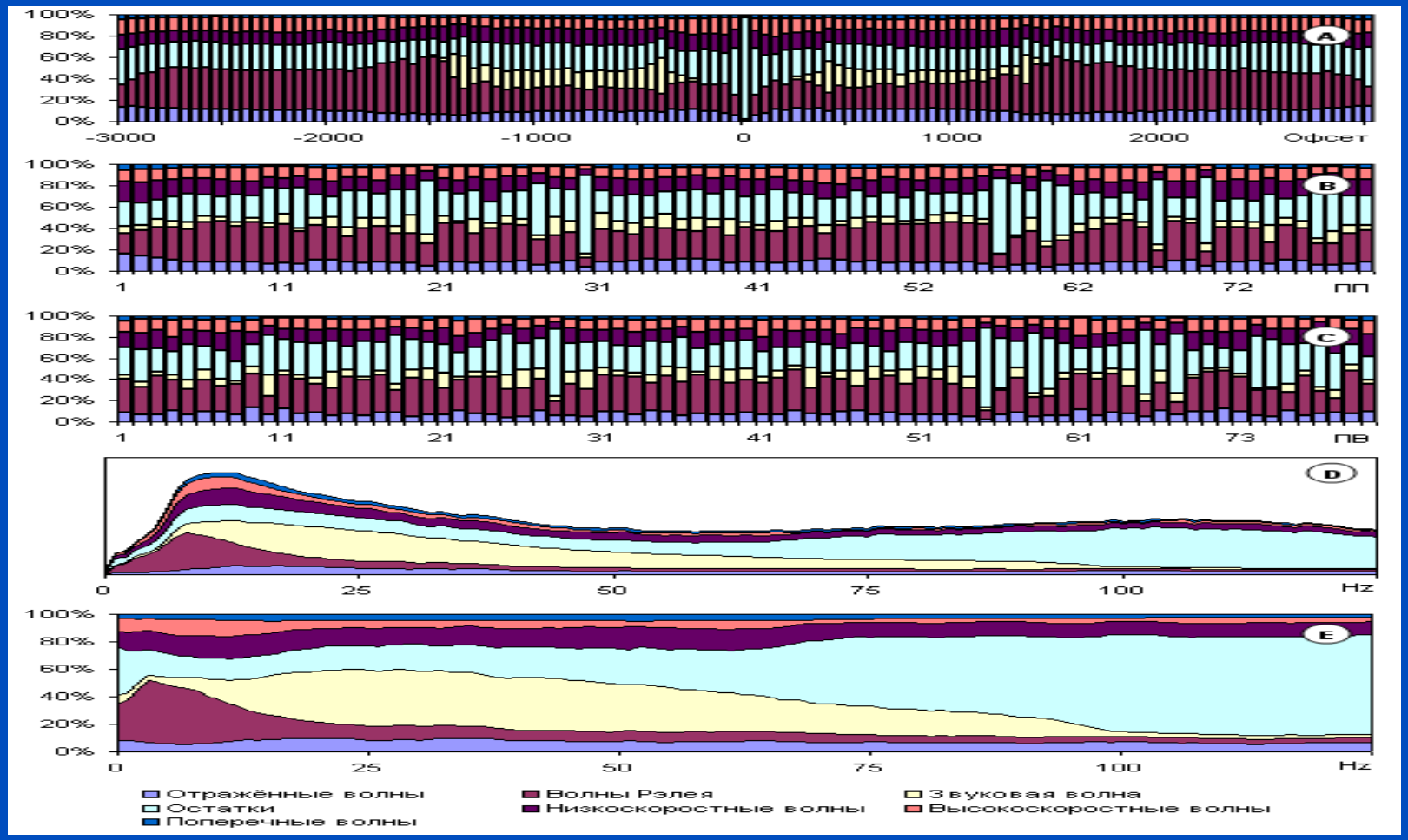
Появляется возможность коррекции методики полевых работ для ослабления доминирующих помех и оптимизации графа обработки.

Full wavefield analysis provides Constructive Quality Control

Not only quantitative estimates of s/n ratio are available but also the content of noises.

It becomes possible to correct field acquisition technique to eliminate dominant noises and optimize processing chain.

Конструктивный Контроль Качества / Cunstructive Quality Control



Соотношение энергий волновых полей,
полученных в результате селекции:
A) с учётом офсета, B) по пунктам приёма, C) по пунктам взрыва,
D) абсолютные значения энергий на различных частотах,
E) по частоте.

Определение статических сдвигов по системе «ПОЛИКОР»
Static shifts by “Polycor” method

Метод «Поликор» позволяет выровнять как высокочастотную так и низкочастотную компоненту статических сдвигов по ПВ и ПП без их взаимного влияния и без знания скоростей. Таким образом это первая нить, за которую можно потянуть, чтобы распутать клубок.

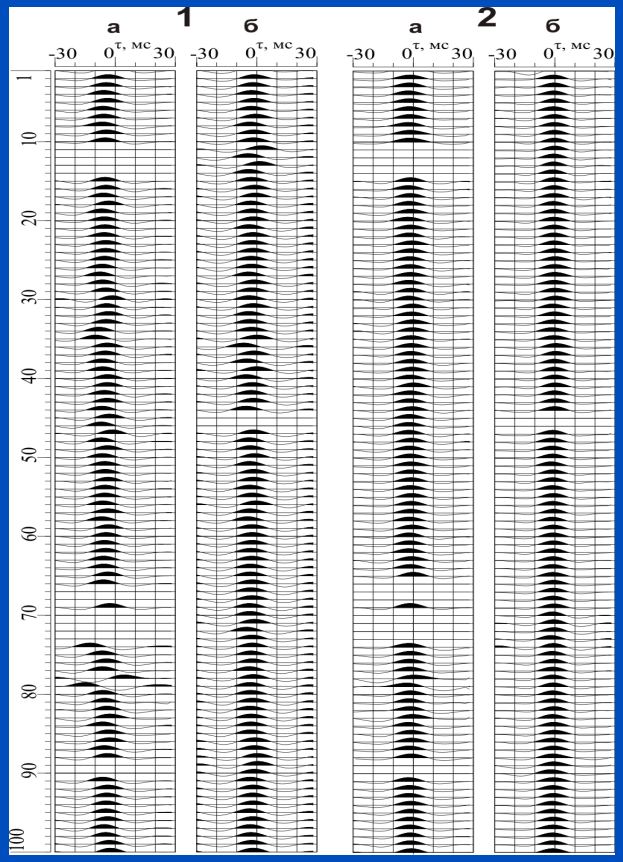
“Polycor” approach provides deviations from smooth static shifts along Sp and RP. SP and RP shifts not influence each other. No velocity estimates are used.

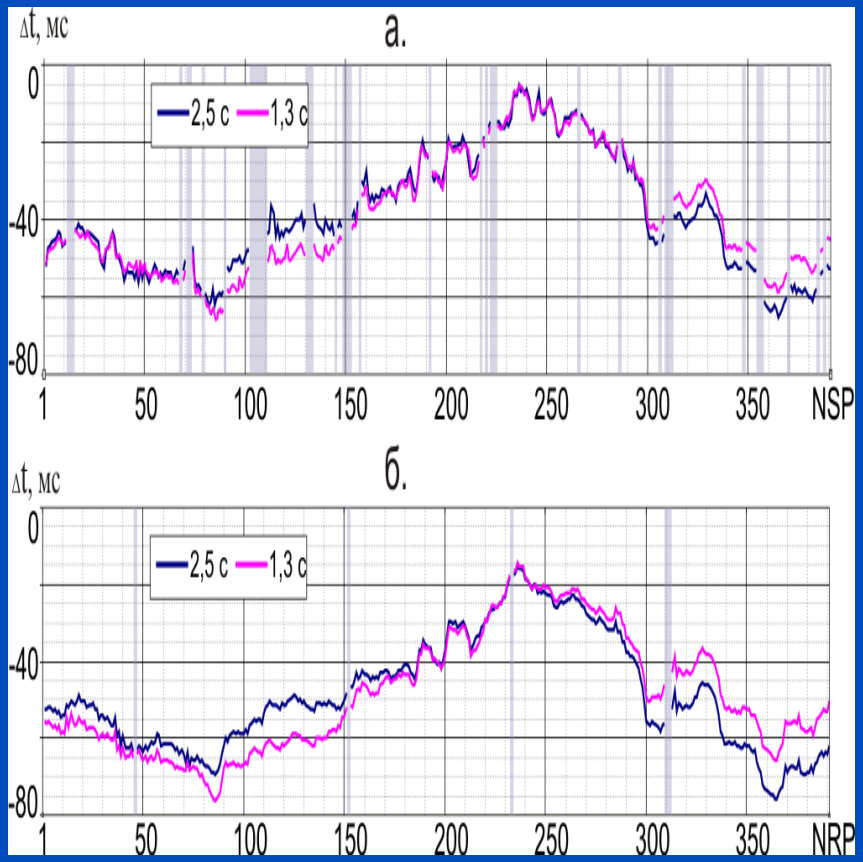
Для описания годографа используется пятизвенная система

Five members system is used to describe time graphs

$$t(t_0, x, L) = \sqrt{t_0^2 + p^2(x)L^2} + k_1(x)L + k_2(x)L^2 + \Delta t_{st}^{sp}\ (t_0, x) + \Delta t_{st}^{rec}\ (t_0, x)$$

Определение статических сдвигов по методу «Поликор»





1 – Ряды корреляционных функций до коррекции,
2 – ряды корреляционных функций после коррекции.
а – ряды корреляционных функций по пунктам возбуждения,
б – ряды корреляционных функций по пунктам приема.

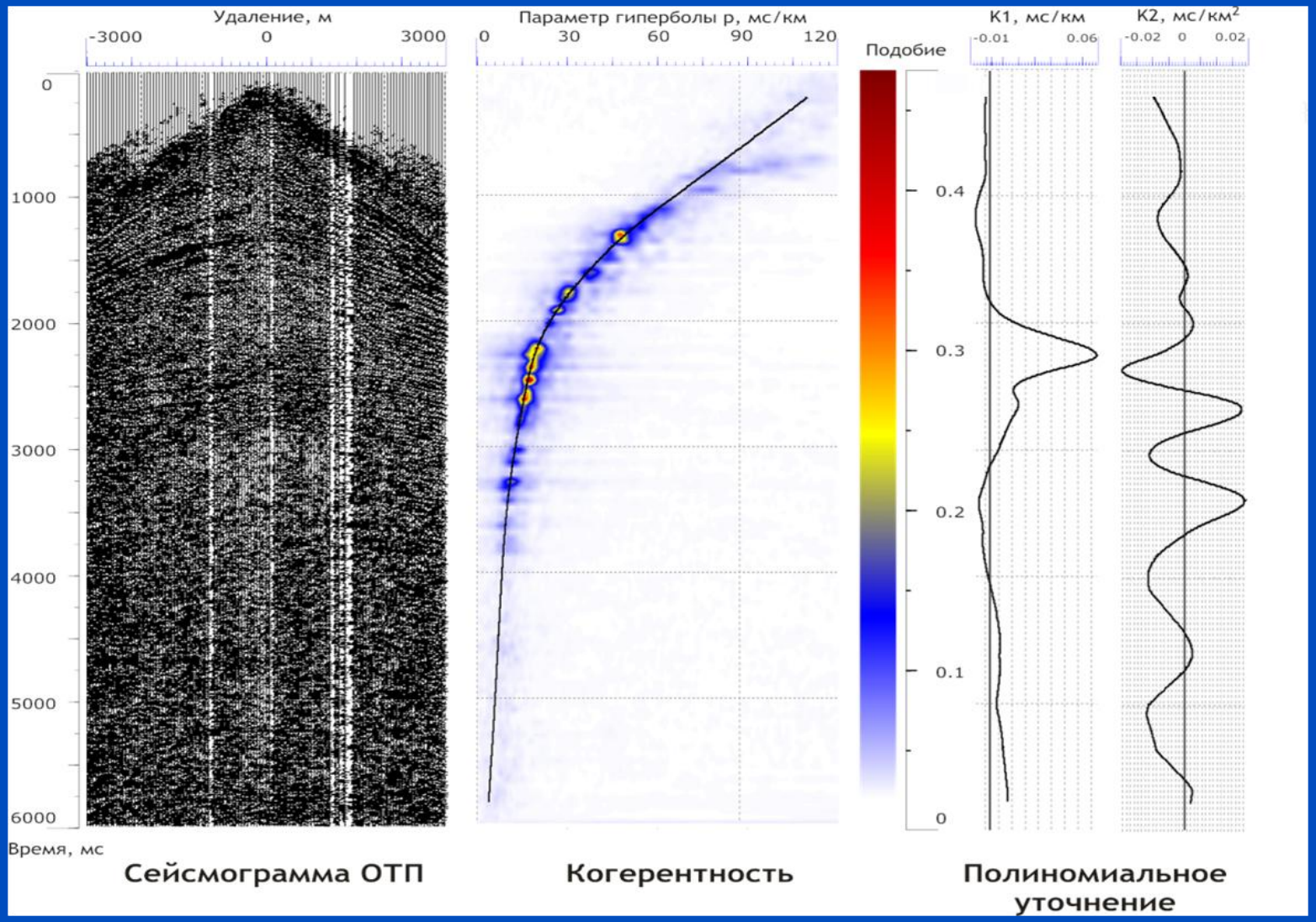
Статические поправки за пункт взрыва (а, NSP) и пункт приема (б, NRP) для окрестностей времен 2,5 с и 1,3 с.

Быстро меняющаяся во времени компонента поля времен.
Fast time variable component of time field.

Обычно называемый анализом скоростей процесс определения гиперболической составляющей поля времен дополнен оценкой аддитивной линейной и квадратичной составляющих для описания более сложных сред.

Usually referred to as velocity analysis scan of hiperbolyc component of time field is added by linear and square additive components to fit more variable media.

Быстро меняющаяся во времени компонента поля времен.
Fast time variable component of time field.



Сейсмограмма ОТП, спектр когерентности и кривые кинематических параметров отраженных волн

Суммирование продольных PP и обменных PS отражений
PP and PS waves summing

Коэффициенты отражения PP волн сильно зависят от удаления, и эта зависимость не может быть компенсирована расчетным путем.

PP reflection coefficients strongly depend on incidence and it cannot be calculated in real cases.

В то же время коэффициент обмена обычно ведет себя обратно пропорционально отражению.

At the same time conversion usually is reversly proportional to reflection.

Упрощение лучевых формул Нотта-Цеприца приводит к упрощенному выражению

Simplification of ray expressions of Nott-Zoeppritz gives the simplified expression

$$A_{pp\,0} = A_{pp}(\theta) + \frac{1}{2}\sin(\theta)\,A_{ps}(\theta)$$

позволяющему складывать изображения продольных и поперечных волн для компенсации зависимости коэффициента App от угла падения (θ) с одновременным расширением спектра примерно в полтора раза.

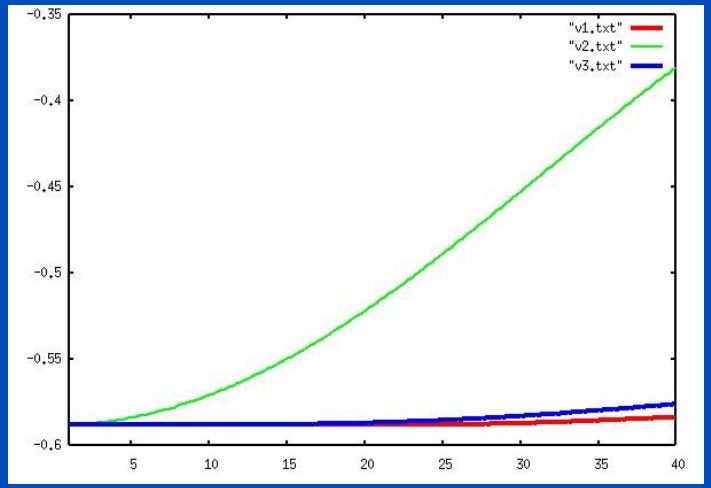
It let us stack PP and PS waves to compensate App variations versus incidence with simultaneous widening of spectrum approximately 1.5 times.

Эта процедура может быть положена в основу эффективности 3C наблюдений.

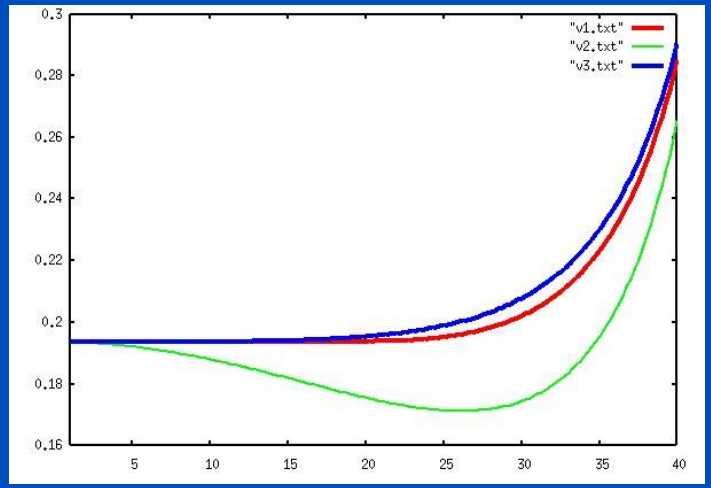
This procedure may be used as leading proof of efficient 2C application.

Суммирование продольных PP и обменных PS отражений
PP and PS waves summing

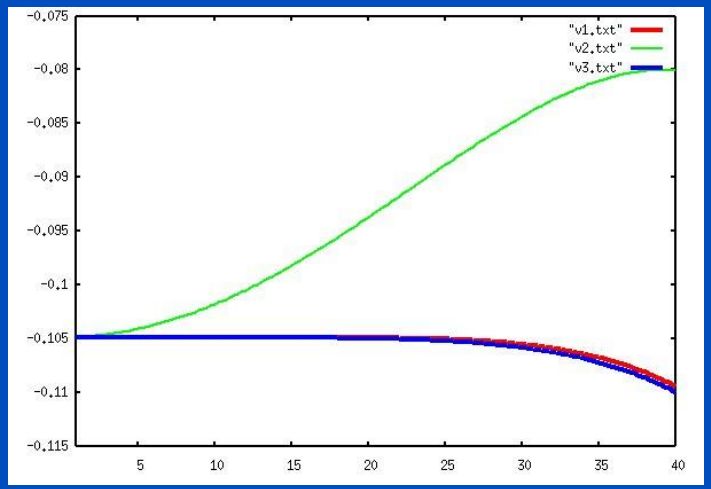
Vp1/Vp2=3



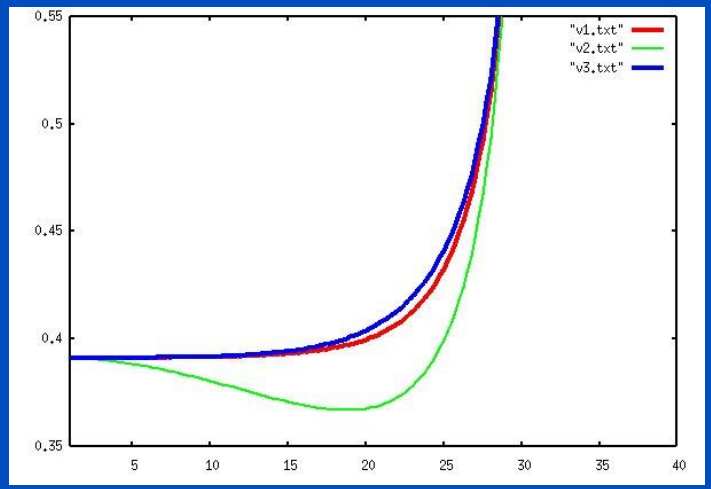
Vp1/Vp2=1.2



Vp1/Vp2=0.8



Vp1/Vp2=0.5

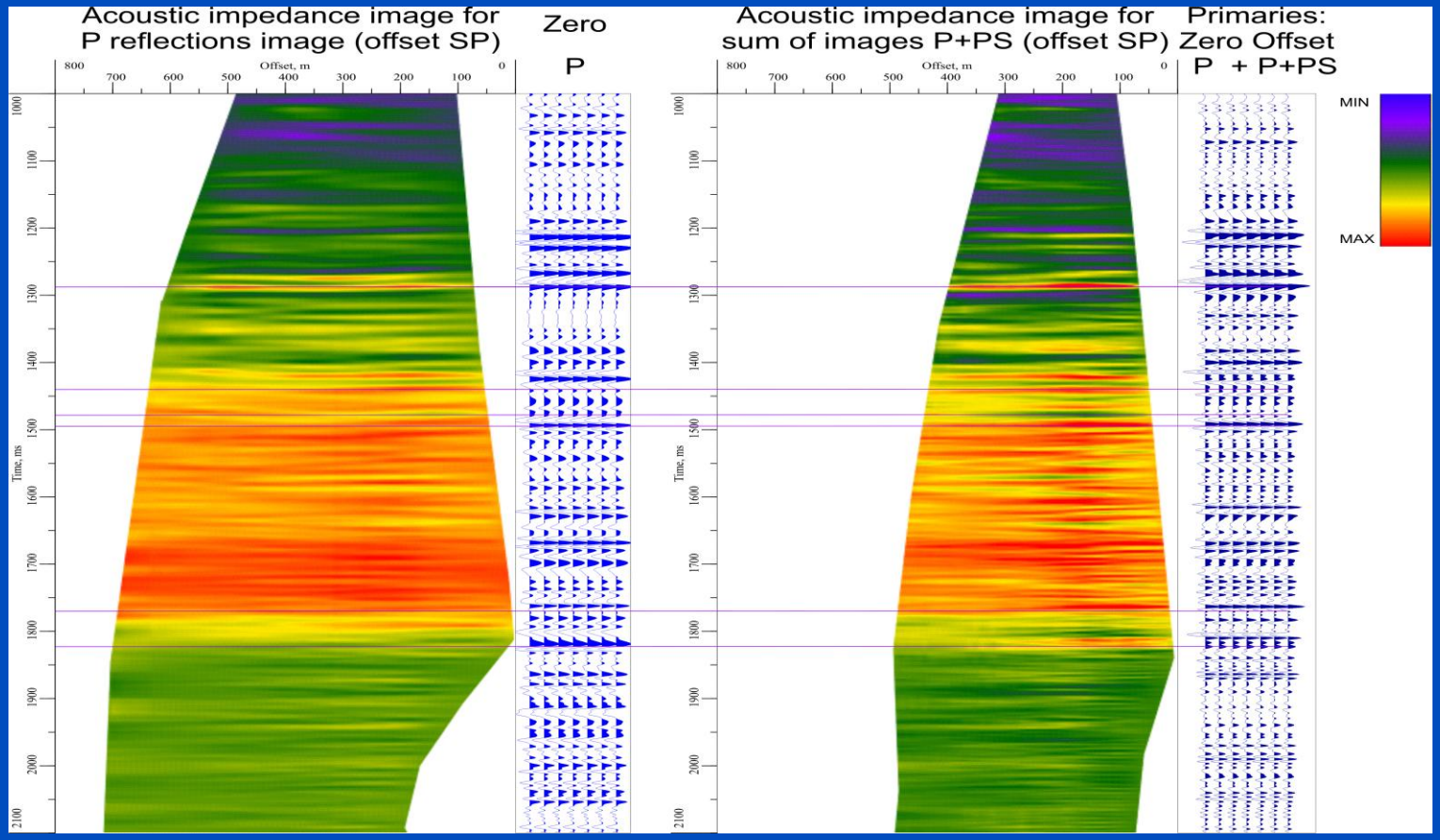


Зависимость Kpp от угла **Суммирование по формуле Табакова-Баева**
Суммирование с эмпирически оптимальным коэффициентом

Компенсация отражательной характеристики P волн по углу падения

Формула Табакова-Баева

$$A_{pp0} = A_{pp}(\theta) + \frac{1}{2}\sin(\theta)\,A_{ps}(\theta)$$



Накапливание продольных PP и обменных PS волн:
компенсация по углу падения и расширение спектра

Модель-базированная векторная миграция

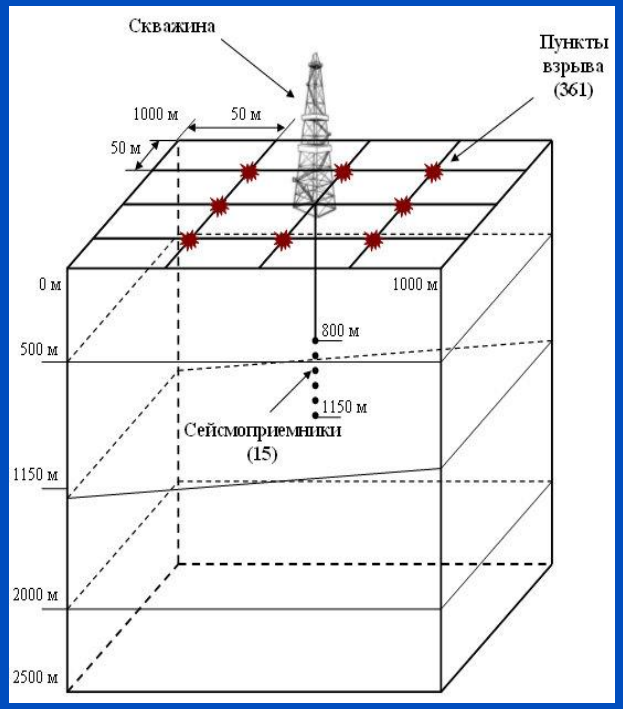
В современных системах обработки данных ВСП обычно применяется упрощенная схема миграции, не позволяющаяя корректно отображать сложнопостроенные среды.

В сейсморазведке на поверхности при миграции используются упрощения, не корректные для субвертикальных границ.

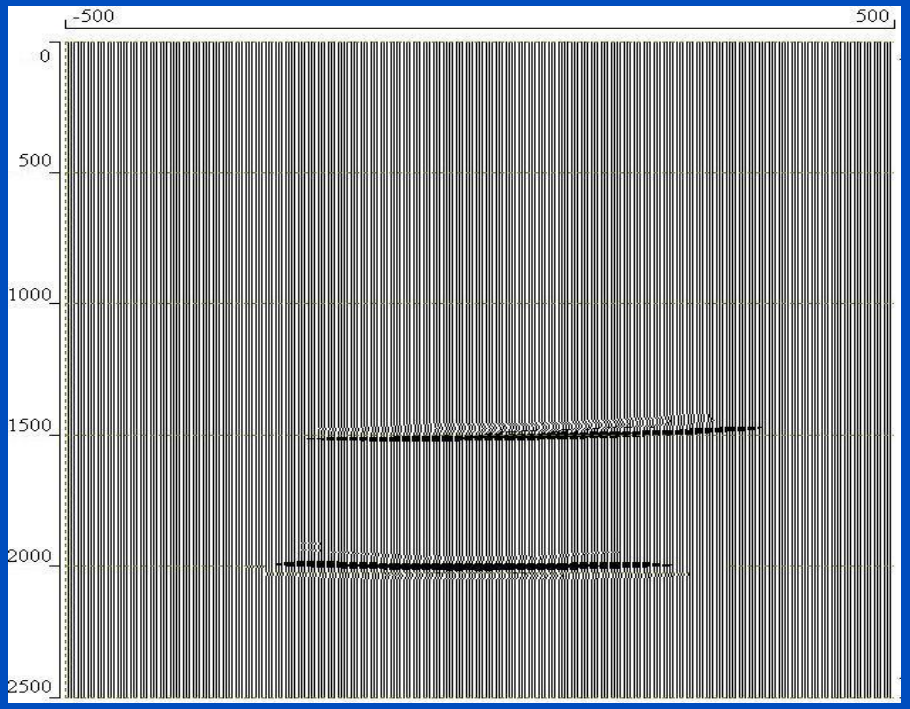
Нами разработан корректный метод модель-базированной векторной миграции реализующий классическую схему аналитического продолжения – инверсии в каждой точке среды.

В случае однокомпонентной СП этот метод неприменим и замещается упрощенной схемой конечно-разностного акустического продолжения с корреляцией с рассчитанным лучевым методом полем прямых волн.

Модель-базированная миграция

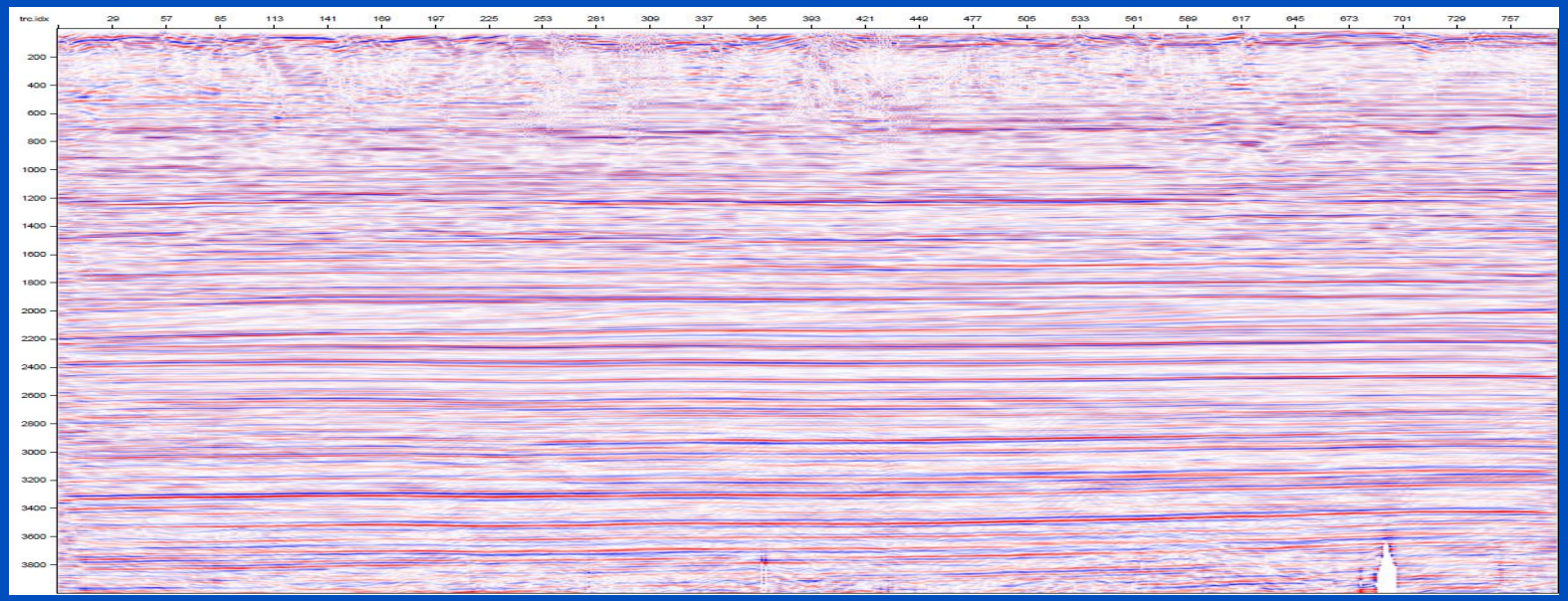


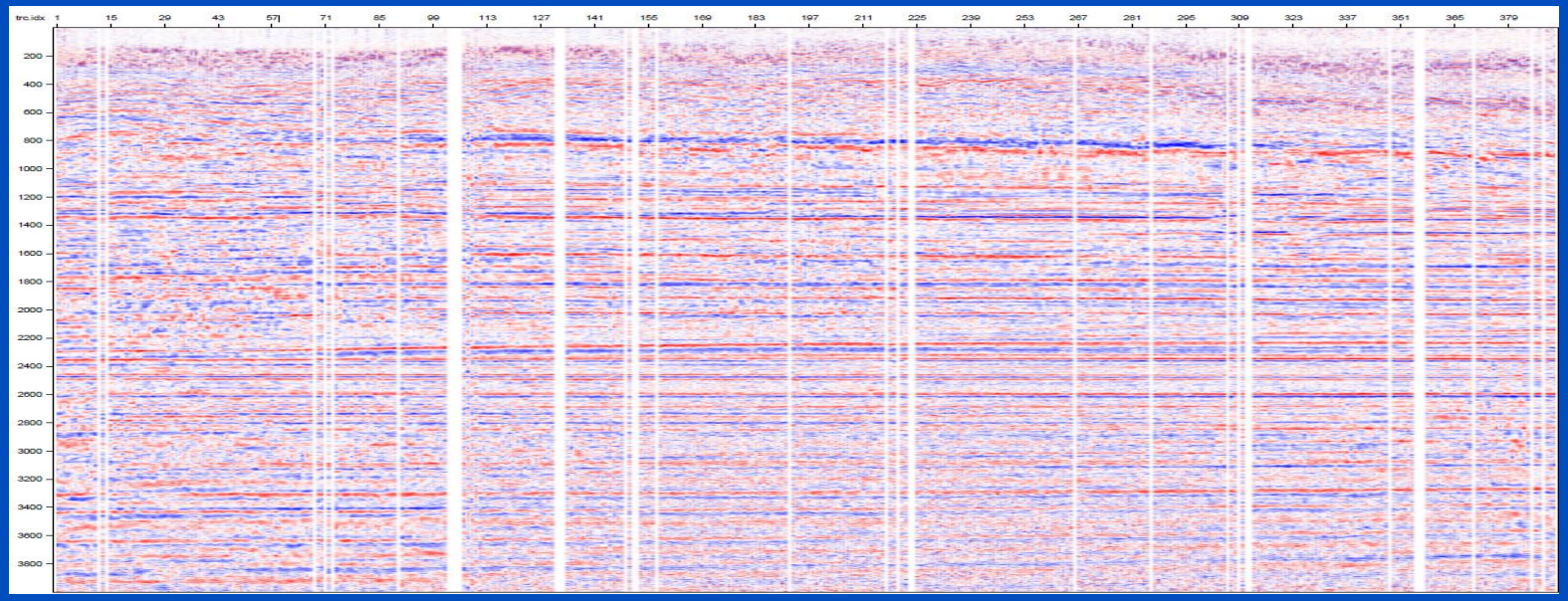
Система наблюдений 3D-ВСП



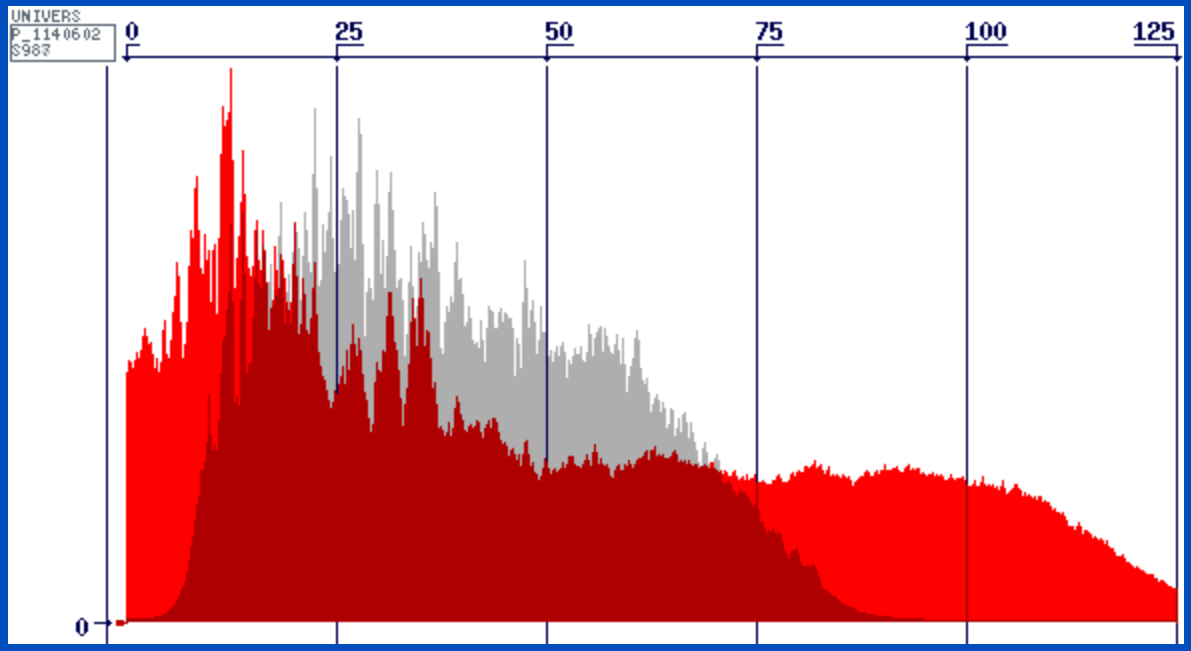
Вертикальное сечение результата трехмерной конечноразностной акустической миграции

Интеллектуальная система обработки





Интеллектуальная система обработки



Заключение / Conclusions

1. Предложенная интеграция СП и ВСП создает трехмерную систему наблюдений, единственно адекватную при сильных отклонениях геологического строения от субгоризонтального и однородно-слоистого.

2. Предложенное пятизвенное представление годографа реализовано в виде технологичных переборов и может быть использовано при построении скоростной модели среды от поверхности путем инверсии годографов.

3. Предложенные методы анализа волновых полей, коррекции статических поправок по методу «Пликор», четырехфакторной деконволюции, суммирования продольных и обменных волн опробованы в первом приближении на реальных данных и дают основания для осторожного оптимизма в возможности принципиального повышения эффективности СП.

4. Интеллектуальная автоматическая обработка является по-видимому единственным способом оптимального применения постоянно усложняющихся систем обработки.

1. Integration of SS and VSP creates 3D acquisition geometry the only adequate if strong deviations from subhorizontal and homo-layered geological structures take place.

2. Five-membered presentation of time graphs is realized as technological chain and may be used to reconstruct velocity model from the surface by inversion of time graphs.

3. The method of wavefield analysis? “Polycor” statics, 4-factor deconvolution, stacking of PP and PS waves are applied in first approximation to real data and it may be supposed that sufficient improvements in SS efficiency may be achieved.

4. Intellectual automatic processing is possibly the only way to meet the challenges of more and more sophisticated processing.